

## Beschreibung

## PIFA-Antennenanordnung für mehrere Mobilfunk-Frequenzbänder

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine PIFA-Antennenanordnung für mindesten zwei in einem Abstand voneinander gelegene Mobilfunk-Frequenzbänder, mit einem Masseanschluss und einem HF-Zuführungsanschluss.

10

Eine solche PIFA-Antennenanordnung ist beispielsweise aus der EP 0 997 974 A1 bekannt, bei der zwei ebene Antennenzweige vorgesehen sind, für die jeweils ein gemeinsamer Masseanschluss und ein gemeinsamer HF-Zuführungsanschluss vorgesehen sind. Die beiden Antennenzweige sind parallel zueinander geschaltet und für eine jeweilige Resonanzfrequenz vorgesehen. Die Antennenzweige sind in ihren jeweiligen Antennennäpfchen erheblich ausgedehnt, so dass die PIFA-Antennenstruktur insgesamt viel Platz benötigt.

20

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine PIFA-Antennenstruktur für eine Mehrzahl von Resonanzfrequenzbändern zu schaffen, die platzsparend ausgeführt ist.

25

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine PIFA-Antennenanordnung für mindestens zwei in einem Abstand von einander gelegene Mobilfunk-Frequenzbänder, mit einem Masseanschluss und einem HF-Zuführungsanschluss, wobei die PIFA-Antennenanordnung wenigstens zwei im wesentlichen nebeneinander parallel zueinander verlaufende, streifenförmige Antennenzweige aufweist, die an einem Fußpunkt zum Verwirklichen einer Reihenschaltung der Antennenzweige miteinander verbunden sind, die Antennenzweige zur Ausbildung eines Spaltes in einem vorbestimmten Abstand zueinander verlaufen, die Antennenzweige zur Verwirklichung einer kapazitiven Kopplung zwischen den Antennenzweigen gerade Abschnitte aufweisen,

- der Masseanschluss an einem freien Ende eines der Antennenzweige angeordnet ist, der HF-Zuführungsanschluss am äußeren Rand des Antennenzweiges der PIFA-Antennenstruktur angeordnet ist, an dem der Masseanschluss vorliegt und die Breiten der Antennenzweige, die Längen der Antennenzweige und der Spalt zwischen den Antennenzweigen so bemessen sind, dass die PIFA-Antennenstruktur zwei in einem gewünschten Abstand zueinander liegende Resonanzfrequenzbänder aufweist.
- 5       Eine solche Struktur einer PIFA-Antennenanordnung gestattet es, eine Sende- und eine Empfangseigenschaft für zwei verschiedene Mobilfunk-Frequenzbänder zu verwirklichen. Die wesentlichen Parameter zur Einstellung der gewünschten Resonanzfrequenzbänder sind die Breiten, die Längen, und eine Breite des Spaltes zwischen den Antennenzweigen. Im Einzelnen entspricht ein Verhältnis zwischen den Flächen der beiden Antennenzweige und ein Verhältnis zwischen den Breiten der beiden Antennenzweige in grober Näherung dem Verhältnis zwischen den beiden Resonanzfrequenzbändern. Durch Variation der Breite des Spaltes kann ebenfalls Einfluss auf das Verhältnis zwischen den Lagen der beiden Resonanzfrequenzbänder in einem Frequenzspektrum genommen werden. Einfache empirische Untersuchungen versetzen den Fachmann in die Lage, eine PIFA-Antennenstruktur durch 15      Modifikation der beiden genannten Verhältnisse und der Breite des Spaltes für konkrete Bedürfnisse eines Anwendungsfalles zu optimieren, wobei sowohl die Lage der beiden Resonanzfrequenzbänder als auch deren Breitbandigkeit eingestellt werden können.
- 20       Bevorzugt ist eine Breite des einen Antennenzweiges kleiner als 1/15 der Wellenlänge des hochfrequenteren Frequenzbandes. Dies hat den Vorteil einer geringen Breite des Antennenzweiges, wodurch das Volumen der Antenne insgesamt 25      kleiner wird. Darüber hinaus ist eine Kopplung zwischen den Antennenzweigen stärker. Außerdem lässt sich ein Verhältnis zwischen der ersten und der zweiten Resonanzfrequenz leichter
- 30
- 35

ändern. Besonders bevorzugt sollte die Breite des einen Antennenzweiges kleiner als 1/20 der Wellenlänge des hochfrequenteren Frequenzbandes sein.

- 5 Zur Festlegung des höherfrequenten Frequenzbandes sollte bevorzugt ein Abstand zwischen dem Masseanschluss und dem HF-Zuführungsanschluss an eine der Resonanzfrequenzen, nämlich die höhere Resonanzfrequenz, angepasst bemessen sein. In den meisten Fällen steht der Abstand zwischen dem Massepunkt und  
10 dem HF-Zuführungsanschluss in einem festen Verhältnis zur (mittleren) Wellenlänge des höherfrequenten Resonanzfrequenzbandes.

Allgemein verlaufen die beiden Antennenzweige über im  
15 wesentlichen dieselbe Länge bis zu dem Fußpunkt. Es ist jedoch auch möglich, dass einer der beiden Antennenzweige eine Länge aufweist, die von der Länge des anderen Antennenzweiges abweicht, beispielsweise größer oder kleiner ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine induktive und eine kapazitive  
20 Kopplung zwischen den beiden Antennenzweigen in gewünschten Größenbereichen liegen, die für eine jeweilige Bandbreite der Resonanzfrequenzbänder maßgeblich sind.

Ebenso kann vorgesehen sein, dass der vorgegebene Abstand  
25 zwischen den beiden Antennenzweigen nicht gleichbleibend ist sondern einen vorgegebenen Verlauf in dem Bereich aufweist, bei dem die Antennenzweige nebeneinander verlaufen.

Auch ist es möglich, dass die nebeneinander verlaufenden  
30 Antennenzweige gemeinsame Biegungen aufweisen, wodurch eine induktive Kopplung zwischen den beiden Antennenzweigen erhöht wird. Eine solche Maßnahme kann dann getroffen werden, wenn die PIFA-Antennenstruktur besonders platzsparend unterzubringen ist, beispielsweise im Gehäuse eines  
35 Mobiltelefons.

Eine Erweiterung der oben erläuterten PIFA-Antennenanordnung wird gebildet durch eine PIFA-Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die PIFA-Antennenanordnung weitere zwei wenigstens teilweise nebeneinander parallel zueinander verlaufende, streifenförmige Antennenzweige aufweist, die an einem zweiten Fußpunkt zum Verwirklichen einer Reihenschaltung der zwei weiteren Antennenzweige miteinander verbunden sind, die weiteren Antennenzweige zur Ausbildung eines Spaltes über einem Abschnitt in einem vorbestimmten Abstand zueinander verlaufen, die weiteren Antennenzweige zur Verwirklichung einer kapazitiven Kopplung zwischen den Antennenzweigen gerade Abschnitte aufweisen, der Masseanschluss zwischen den Antennenzweigen und den weiteren Antennenzweigen angeordnet ist, ein weiterer Zuführungsanschluss am äußeren Rand der Antennenzweige der PIFA-Antennenstruktur angeordnet ist, an denen der Masseanschluss vorliegt, und die Breiten der weiteren Antennenzweige, die Längen der weiteren Antennenzweige und der Spalt zwischen den weiteren Antennenzweigen so bemessen sind, dass die PIFA-Antennenstruktur zwei weitere in einem gewünschten Abstand zueinander liegende Resonanzfrequenzbänder aufweist.

Die gerade erläuterte Ausführungsform der Erfindung stellt eine Kombination von zwei im wesentlichen gleichartigen PIFA-Antennenanordnungen der eingangs erläuterten Struktur dar. Die erweiterte PIFA-Antennenanordnung ist dazu in der Lage, auf vier verschiedenen Resonanzfrequenzbändern zu empfangen bzw. zu senden. Insofern verwirklicht diese Ausführungsform der Erfindung eine sog. „Quadband-Antennenstruktur“, die derzeit bei der Entwicklung einsetzbarer Antennenstrukturen für internationale Mobilfunk-Standardfrequenzbereiche (GSM850, EGSM900, PCN1800 und PCS1900) von besonderem Interesse ist.

35

Es ist bevorzugt, dass der HF-Zuführungsanschluss und der weitere HF-Zuführungsanschluss auf gegenüberliegenden Seiten

des Masseanschlusses angeordnet und zu einer gemeinsamen HF-Zuführungsleitung zusammengeführt sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von

5 Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: eine Draufsicht einer PIFA-Antennenanordnung mit  
10 zwei Antennenzweigen nach einem ersten  
Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 2: ein Ersatzschaltbild der PIFA-Antennenanordnung von  
Figur 1,

15 Figur 3: eine schematische Darstellung eines  
Frequenzspektrums der PIFA-Antennenanordnung von  
Figur 1,

20 Figur 4: eine Draufsicht einer PIFA-Antennenanordnung gemäß  
einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 5: eine Draufsicht einer PIFA-Antennenanordnung gemäß  
einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

25 Figur 6: eine Draufsicht einer PIFA-Antennenanordnung gemäß  
einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung

30 Figur 7: eine Draufsicht einer PIFA-Antennenanordnung gemäß  
einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung,

35 Figur 8: eine grafische Darstellung eines  
Simulationsergebnisses für einen Frequenzgang der  
PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1, optimiert für  
die Frequenzbänder EGSM900 und Bluetooth,

Figur 9: eine grafische Darstellung eines  
Simulationsergebnisses für ein Frequenzspektrum der

PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1, optimiert für die Frequenzbänder EGSM900 und PCN1800,

Figur 10: eine perspektivische Ansicht einer PIFA-Antennenanordnung nach einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung

Figur 11: eine grafische Darstellung eines Frequenzgangs der PIFA-Antennenanordnung von Figur 7.

Aus der Figur 1 geht eine gefaltete PIFA-Antennenanordnung (F-PIFA) hervor, die aus Gründen ihrer Kompaktheit allgemein L-förmig ist. Die PIFA-Antennenanordnung hat zwei Antennenzweige Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, wobei der erste Antennenzweig Z<sub>1</sub> eine erste Breite W<sub>1</sub> und der zweite Antennenzweig Z<sub>2</sub> eine zweite Breite W<sub>2</sub> zeigt. Die beiden Antennenzweige Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> sind in Reihe geschaltet und schließen an einem Fußpunkt F aneinander an. Außerdem verlaufen sie im wesentlichen parallel zueinander sowie nebeneinander. Die PIFA-Antennenanordnung nach der Figur 1 wird außerdem charakterisiert durch die Außenabmessungen des Antennenzweiges Z<sub>1</sub>, nämlich eine erste Länge B<sub>1</sub> zwischen einem freien Ende und einem Knickpunkt K der L-Form sowie eine zweite Länge B<sub>2</sub> zwischen dem Knickpunkt K und dem Fußpunkt F.

Zwischen den beiden Antennenzweigen Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> ist ein Spalt SP mit einer Breite T<sub>1</sub> definiert, der über die Längen der Antennenzweige Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> im wesentlichen gleichbleibend ist.

An einem freien Ende FE des ersten Antennenzweiges Z<sub>1</sub> ist ein Masseanschluss G vorgesehen, und zwar am äußeren, dem Spalt SP abgewandten Rand des ersten Antennenzweiges Z<sub>1</sub>. In einem Abstand zu dem Massepunkt G ist an dem ersten Antennenzweig Z<sub>1</sub> ein HF-Zuführungsanschluss S für HF-Signale vorgesehen. Der Abstand zwischen dem Massepunkt G und dem HF-Zuführungsanschluss S ist für eine von zwei Resonanzfrequenzen der PIFA-Antennenstruktur optimiert. Die

in Figur 1 dargestellte PIFA-Antennenanordnung ist in einem Abstand H1 von einer (nicht dargestellten) Schaltkreisplatine angeordnet, an der auch der Masseanschluss G und der HF-Zuführungsanschluss S kontaktiert sind.

5

Für ein Verhältnis zwischen den Frequenzlagen des ersten Resonanzfrequenzbandes und eines zweiten Resonanzfrequenzbandes der PIFA-Antennenstruktur sind folgende Parameter von besonderer Bedeutung: Das Verhältnis der Flächen des ersten Antennenzweiges Z1 und des zweiten Antennenzweiges Z2, die Breite T1 des Spaltes SP und der Abstand zwischen dem Massepunkt G und dem HF-Zuführungsanschluss S. Zum Optimieren der PIFA-Antennenanordnung für ein gewünschtes Frequenzspektrum mit zwei Resonanzfrequenzbändern sind in erster Linie die oben genannten drei Parameter anzupassen, was seitens des Fachmanns durch einfache Versuche vorgenommen werden kann.

Die Figur 2 zeigt ein Ersatzschaltbild der PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1. Der erste Antennenzweig Z1 ist in der Figur 2 repräsentiert durch eine erste Induktivität L1, eine erste Kapazität C1 und einen ersten Ohmschen Widerstand R1, während der zweite Antennenzweig Z2 durch eine zweite Induktivität L2, eine zweite Kapazität C2 und einen zweiten Ohmschen Widerstand R2 wiedergegeben wird. Eine Kopplung zwischen dem ersten Antennenzweig Z1 und dem zweiten Antennenzweig Z2 wird durch eine dritte Kapazität C3 und eine dritte Induktivität L3 dargestellt. Dabei hängt ein Größenwert für die dritte Kapazität C3 in erster Linie von geraden, nebeneinander verlaufenden Abschnitten der beiden Antennenzweige Z1, Z2 ab, aber auch von der Breite T1 des Spaltes SP. Demgegenüber sind für eine induktive Kopplung zwischen den beiden Antennenzweigen Z1, Z2, die mit Hilfe der dritten Induktivität L3 dargestellt wird, gebogene, nebeneinander liegende Abschnitte der beiden Antennenzweige Z1, Z2 maßgeblich. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ergibt sich ein erster gebogener Abschnitt im Bereich des

Knickpunktes, während ein zweiter gebogener Abschnitt durch den Fußpunkt verwirklicht wird. In diesen beiden Bereichen ist eine induktive Kopplung zwischen den beiden Antennenzweigen Z1, Z2 besonders stark ausgeprägt.

5

Außerdem sind in der Figur 2 der Masseanschluss G und der HF-Zuführungsanschluss S dargestellt. Ein zwischen diesen beiden Anschlüssen vorliegendes Signal wird mit Hilfe eines Transformators an die beiden Antennenzweige Z1, Z2 gekoppelt.

10

Die Figur 3 zeigt ein typisches Frequenzspektrum der PIFA-Antennenanordnung, wie sie anhand der Figur 1 erläutert ist. Das Frequenzspektrum weist zwei Resonanzfrequenzbänder auf, die in der Figur 3 mit f1 und f2 bezeichnet sind. Der Wert von f1 wird im wesentlichen durch den Abstand zwischen dem Masseanschluss G und dem HF-Zuführungsanschluss S festgelegt. Die präzise Lage des Resonanzfrequenzbandes bei der Frequenz f2 ergibt sich aus einem Verhältnis zwischen den Flächen/Breiten W1, W2 der beiden Antennenzweige Z1, Z2 sowie der Breite T1 des Spaltes SP. Bei gegebenen Längen B1, B2 kann somit ein Flächenverhältnis zwischen den beiden Antennenzweigen Z1, Z2 durch Variieren des Breitenverhältnisses W1/W2 modifiziert werden, um eine gewünschte Lage für das zweite Resonanzfrequenzband bei der Frequenz f2 zu verwirklichen.

Die Figuren 4 bis 7 veranschaulichen drei modifizierte Ausführungsformen der PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1. Bei der Ausführungsform, die in Figur 4 dargestellt ist, weist der Antennenzweig Z2 einen Umkehrpunkt etwa in Höhe des Masseanschlusses G auf. Von diesem Umkehrpunkt aus liegen zwei Abschnitte des Antennenzweiges Z2 im wesentlichen parallel zueinander.

35 Der Unterschied zwischen der PIFA-Antennenstruktur nach Figur 1 und derjenigen nach Figur 5 besteht darin, dass die Antennenzweige Z1, Z2 dreidimensional ausgebildet sind.

Jenseits des HF-Zuführungsanschlusses S weist der Antennenzweig Z1 einen Querschnitt auf, der einen im wesentlichen rechten Winkel zeigt. Dasselbe gilt für den Antennenzweig Z2.

5

Die Ausführungsform nach Figur 6 einer PIFA-Antennenanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Antennenzweige Z1, Z2 nicht als langgestreckte Elemente vorliegen, sondern ihre Breite oder allgemeine Struktur von dem Fußpunkt F ausgehend, 10 variiert. Insbesondere ändert sich die Breite W1 des ersten Antennenzweiges Z1 sowie die Breite W2 des zweiten Antennenzweiges Z2, jeweils von dem Fußpunkt F aus bis zu dem gegenüberliegenden Ende des betreffenden Antennenzweiges Z1, Z2.

15

Die in der Figur 7 veranschaulichte weitere Ausführungsform einer PIFA-Antennenanordnung ist ein verallgemeinertes Beispiel, wobei insbesondere die äußere Form der PIFA-Antennenanordnung vergleichsweise unregelmäßig ist. Aus der 20 Figur 7 wird deutlich, dass es für eine Funktionalität der PIFA-Antennenstruktur ausreicht, wenn die beiden Antennenzweige Z1, Z2 annähernd nebeneinander und parallel zueinander verlaufen. Auch jeweilige Gesamtlängen der Antennenzweige Z1, Z2 können voneinander abweichen. Im Vergleich zu der PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1 weist 25 die PIFA-Antennenanordnung nach Figur 7 zwei gebogene Bereiche für beide Antennenzweige Z1, Z2 auf, so dass eine induktive Kopplung zwischen den beiden Antennenzweigen Z1, Z2 im Vergleich zur PIFA-Antennenanordnung nach Figur 1 erhöht 30 ist. Auch die PIFA-Antennenanordnung nach Figur 7 zeigt den Fußpunkt F, bei dem sich in Form einer Reihenschaltung der erste Antennenzweig Z1, von dem Masseanschluss G ausgehend, an den zweiten Antennenzweig Z2 anschließt.

35 Nachfolgend werden zwei Frequenzspektren (Reflexionsspektren) von PIFA-Antennenanordnungen derart, wie sie anhand von Figur 1 erläutert ist, anhand der Figuren 8 und 9 erläutert.

10

Jeweils aufgetragen ist die Größe  $|S_{11}|$  als Funktion einer Frequenz in MHz.

- 5 Zum Erhalten des Frequenzspektrums von Figur 8 wurden maßgebliche Parameter der PIFA-Antennenanordnung von Figur 1 wie folgt gewählt:

$$W_1 = W_2 = T_1 = 2 \text{ mm}, B_1 = 36 \text{ mm}, B_2 = 14 \text{ mm}, H_1 = 6 \text{ mm}.$$

- 10 Daraus ergibt sich ein Volumen der PIFA-Antennenstruktur von  $1,58 \text{ cm}^3$ , was eine sehr kompakte Struktur bedeutet.

15 Bei Wahl der Parameter in der vorstehend genannten Weise ergibt sich das Frequenzspektrum von Figur 8, das sowohl in dem EGSM900- als auch in dem Bluetooth-Frequenzbereich ausgeprägte Resonanzfrequenzbänder zeigt. Insofern ist die PIFA-Antennenstruktur für ein Senden und Empfangen von Signalen aus den zwei Mobilfunk-Standardfrequenzbereichen angepasst.

- 20 25 Das Frequenzspektrum gemäß Figur 9 beruht ebenfalls auf einer PIFA-Antennenanordnung in der Art von Figur 1. Die einschlägigen Parameter sind wie folgt bemessen:

$$W_1 = 4, W_2 = T_1 = 2 \text{ mm}, B_1 = 36 \text{ mm}, B_2 = 18 \text{ mm}, H_1 = 7 \text{ mm}.$$

30 Daraus ergibt sich ein Antennenvolumen von  $2,94 \text{ cm}^3$ , das gegenüber dem vorhergehenden Beispiel etwas erhöht ist. Eine solche PIFA-Antennenstruktur weist Resonanzfrequenzbänder für die Standard-Mobilfunk-Frequenzbereiche EGSM900 und PCN1800 auf, wie sich anhand der Figur 9 ohne weiteres erkennen lässt.

- 35 Zur Veranschaulichung sind in den Figuren 8 und 9 die Lagen der betroffenen Mobilfunk-Standardfrequenzbereiche mit strichpunktierter oder gestrichelter Linie gesondert dargestellt.

Ein drittes Ausführungsbeispiel einer PIFA-Antennenanordnung mit im wesentlichen rechtwinkeligem Außenrand ist in Figur 10 veranschaulicht. Die PIFA-Antennenanordnung ist zum Senden und Empfangen auf insgesamt vier unterschiedlichen Mobilfunk-Standardfrequenzbereichen ausgebildet. Hinsichtlich der Bezeichnung von Komponenten und Parametern der in Figur 10 dargestellten PIFA-Antennenanordnung werden für gleichwirkende Komponenten und Parameter dieselben Bezugszeichen wie in Figur 1 verwendet.

Grundsätzlich entspricht die PIFA-Antennenanordnung nach Figur 10 einer Zusammenschaltung von zwei PIFA-Antennenanordnungen nach Figur 1, wobei der Masseanschluss G eine Verbindungsstelle zwischen den beiden PIFA-Antennenanordnungen definiert.

Die in Figur 10 dargestellte PIFA-Antennenanordnung weist zwei Paare Antennenzweige auf, nämlich ein erstes Paar Z1, Z2 und ein zweites Paar Z3, Z4. Dabei schließen die Antennenzweige Z3, Z1 an dem Masseanschluss G aneinander an, wobei ihre „freien Enden“ zusammenfallen.

Die PIFA-Antennenstruktur gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel hat zwei Fußpunkte F1, F2, die wie folgt festgelegt sind: die beiden Antennenzweige Z1, Z3 beschreiben zusammen eine allgemeine U-Form, deren freie Enden die Lagen der Fußpunkte F1, F2 bestimmen. Dabei ist eine Breite W1 der Antennenzweige Z1, Z3 gleich. Bei alternativen Ausführungsbeispielen können diese Breiten auch voneinander abweichen.

Im Inneren der allgemeinen U-Form, die von den Antennenzweigen Z1, Z3 beschrieben wird, finden sich die Antennenzweige Z2, Z4. Der Antennenzweig Z2 verläuft von dem Fußpunkt F1 aus parallel und neben dem Antennenzweig Z1, reicht über einen bestimmten Abstand über den Masseanschluss

12

G hinaus und ist in einem letzten Abschnitt zurückgebogen, so dass der Antennenzweig Z2 teilweise gefaltet ist.

Der Antennenzweig Z4 geht von dem Fußpunkt F2 aus, verläuft 5 jedoch zunächst im wesentlichen senkrecht zu einem an den Fußpunkt F2 angrenzenden geraden Abschnitt des Antennenzweiges Z3. Sobald der Antennenzweig Z4 einen vorbestimmten Abstand zu dem gegenüberliegenden Antennenzweig Z2 erreicht hat, ist er umgefaltet und verläuft neben seinem 10 anfänglichen geraden Abschnitt. Sobald der Antennenzweig Z4 einen vorbestimmten Abstand, nämlich eine Breite T eines Spaltes SP1 zwischen dem Antennenzweig Z3 und dem Antennenzweig Z4 erreicht hat, verläuft er neben und parallel zu dem Antennenzweig Z3.

15

Die Antennenzweige Z2, Z4 weisen eine gemeinsame Breite W2 auf. Bei alternativen Ausführungsformen können diese Breiten der Antennenzweige Z2, Z4 auch voneinander abweichen. Auch eine von den Antennenzweigen Z1, Z2 gebildete PIFA-Antennenteilstruktur hat einen Spalt SP2, dessen Breite der Breite T entspricht. Selbstverständlich können die Spaltbreiten zwischen den beiden PIFA-Antennenteilstrukturen auch verschieden sein. Die jeweiligen Spalte SP1, SP2 sind hinsichtlich ihrer Breite durch nebeneinander und parallel verlaufende Abschnitte einander zugehöriger Antennenzweige, wie Z3 und Z4 bzw. Z1 und Z2, festgelegt.

Die PIFA-Antennenstruktur der Figur 10 weist einen gemeinsamen (nicht dargestellten) HF-Anregungsschaltkreis 30 auf, der auf einer (nicht dargestellten) Schaltkreisplatine realisiert ist. Die PIFA-Antennenstruktur befindet sich in einem Abstand H1 zu der Schaltkreisplatine und hat zwei HF-Zuführungsanschlüsse S1, S2, von denen der Zuführungsanschluss S1 dem Antennenzweigpaar Z1, Z2 und der 35 HF-Zuführungsanschluss S2 dem Antennenzweigpaar Z3, Z4 zugeordnet ist. Die beiden HF-Zuführungsanschlüsse S1, S2 sind zu einem gemeinsamen HF-Zuführungsanschluss S

13

zusammengeführt, so dass an den durch die HF-Zuführungsanschlüsse S1, S2 definierten Orten dieselben Anregungssignale für die PIFA-Antennenstruktur vorliegen.

- 5 Hinsichtlich kapazitiver und induktiver Kopplung verhalten sich die Antennenzweige Z1, Z2, Z3 und Z4 ähnlich wie die Antennenzweige Z1, Z2 aus der Figur 1.

- 10 Figur 11 zeigt ein Frequenzspektrum der PIFA-Antennenstruktur nach Figur 10 mit vorbestimmten Werten für die wesentlichen Parameter. Diese Werte sind wie folgt gewählt:

$$W_1 = 3 \text{ mm}, W_2 = 2 \text{ mm}, T = 1 \text{ mm},$$

- 15 eine Gesamtbreite der PIFA-Antennenstruktur beträgt 36 mm, eine Gesamtlänge der PIFA-Antennenstruktur beträgt 24 mm. Daraus resultiert ein Antennenvolumen von 6,0 cm<sup>3</sup>. Der Abstand H1 zwischen der Schaltkreisplatine und der PIFA-Antennenstruktur beträgt 7 mm. Eine jeweilige räumliche Lage 20 der vier Antennenzweige (Z1, Z2, Z3 und Z4) ergibt sich aus der oben diskutierten Figur 10.

- Wie aus dem Frequenzspektrum nach Figur 11 hervorgeht, sind Resonanzfrequenzbänder der PIFA-Antennenanordnung für die 25 Mobilfunk-Standardfrequenzbereiche GSM850, EGSM900, PCN1800 und PCS1900 vorhanden, so dass eine sog. „Quadband“-Antenne realisiert ist. Auch bei dem Frequenzspektrum nach Figur 11 handelt es sich um ein simuliertes Spektrum.

**Patentansprüche**

1. PIFA-Antennenanordnung für mindestens zwei in einem Abstand von einander gelegene Mobilfunk-Frequenzbänder, mit  
5 einem Masseanschluss und einem HF-Zuführungsanschluss,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die PIFA-Antennenanordnung wenigstens zwei im wesentlichen nebeneinander parallel zueinander verlaufende,  
streifenförmige Antennenzweige (Z1; Z2) aufweist, die an  
10 einem Fußpunkt (F; F1) zum Verwirklichen einer Reihenschaltung der Antennenzweige (Z1; Z2) miteinander verbunden sind,  
die Antennenzweige (Z1, Z2) zur Ausbildung eines Spaltes (SP) in einem vorbestimmten Abstand zueinander verlaufen,  
15 die Antennenzweige (Z1; Z2) zur Verwirklichung einer kapazitiven Kopplung zwischen den Antennenzweigen (Z1; Z2) gerade Abschnitte aufweisen,  
der Masseanschluss (G) an einem freien Ende (FE) eines der Antennenzweige (Z1) angeordnet ist,  
20 der HF-Zuführungsanschluss (S; S1) am äußeren Rand des Antennenzweiges (Z1) der PIFA-Antennenstruktur angeordnet ist, an dem der Masseanschluss (G) vorliegt, und die Breiten (W1; W2) der Antennenzweige (Z1; Z2), die Längen (B1; B2) der Antennenzweige (Z1; Z2) und der Spalt (SP; SP1)  
25 zwischen den Antennenzweigen (Z1; Z2) so bemessen sind, dass die PIFA-Antennenstruktur zwei in einem gewünschten Abstand zueinander liegende Resonanzfrequenzbänder aufweist.
2. PIFA-Antennenanordnung nach Anspruch 1,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (W1) des einen Antennenzweiges (Z1) kleiner als 1/15 der Wellenlänge des hochfrequenteren Frequenzbandes ist.

15

3. PIFA-Antennenanordnung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Breite (W1) des einen Antennenzweiges (Z1) kleiner als  
1/20 der Wellenlänge des hochfrequenteren Frequenzbandes ist.

5

4. PIFA-Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Abstand zwischen dem Masseanschluss (G) und dem HF-  
Zuführungsanschluss (S; S1; S2) an eine der  
10 Resonanzfrequenzen angepasst bemessen ist.

5. PIFA-Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Flächenverhältnis der mindestens zwei streifenförmigen  
15 Antennenzweige (Z1; Z2) im wesentlichen einem Verhältnis  
zwischen den beiden Resonanzfrequenzen entspricht.

6. PIFA-Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 die PIFA-Antennenanordnung weitere zwei wenigstens teilweise  
nebeneinander parallel zueinander verlaufende,  
streifenförmige Antennenzweige (Z3; Z4) aufweist, die an  
einem zweiten Fußpunkt (F2) zum Verwirklichen einer  
Reihenschaltung der zwei weiteren Antennenzweige (Z3; Z4)  
25 miteinander verbunden sind,  
die weiteren Antennenzweige (Z3; Z4) zur Ausbildung eines  
Spaltes (T) über einem Abschnitt in einem vorbestimmten  
Abstand zueinander verlaufen,  
die weiteren Antennenzweige (Z3; Z4) zur Verwirklichung einer  
30 kapazitiven Kopplung zwischen den Antennenzweigen (Z3; Z4)  
gerade Abschnitte aufweisen,  
der Masseanschluss (G) zwischen den Antennenzweigen (Z1; Z2)  
und den weiteren Antennenzweigen (Z3; Z4) angeordnet ist,  
ein weiterer Zuführungsanschluss (S2) am äußeren Rand der  
35 Antennenzweige (Z1; Z3) der PIFA-Antennenstruktur angeordnet  
ist, an denen der Masseanschluss (G) vorliegt, und  
die Breiten der weiteren Antennenzweige (Z3; Z4), die Längen

16

der weiteren Antennenzweige (Z3; Z4) und der Spalt (SP2). zwischen den weiteren Antennenzweigen (Z3; Z4) so bemessen sind, dass die PIFA-Antennenstruktur zwei weitere in einem gewünschten Abstand zueinander liegende

5 Resonanzfrequenzbänder aufweist.

7. PIFA-Antennenanordnung nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

der HF-Zuführungsanschluss (S1) und der weitere HF-

10 Zuführungsanschluss (S2) auf gegenüberliegenden Seiten des Masseanschlusses (G) angeordnet und zu einer gemeinsamen HF-Zuführungsleitung zusammengeführt sind.

8. PIFA-Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 6 oder 7,

15 dadurch gekennzeichnet, dass

sie einen im wesentlichen rechtwinkeligen Außenrand aufweist.

FIG 1

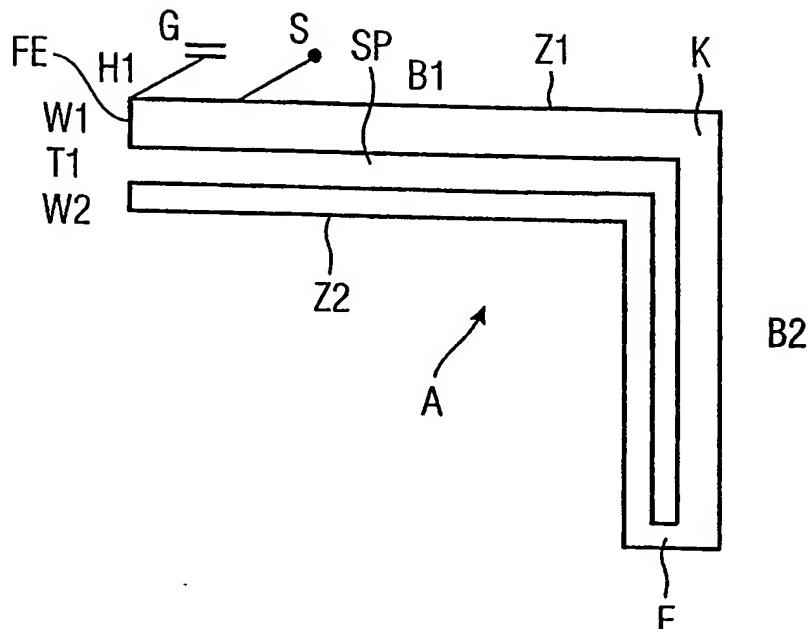


FIG 2

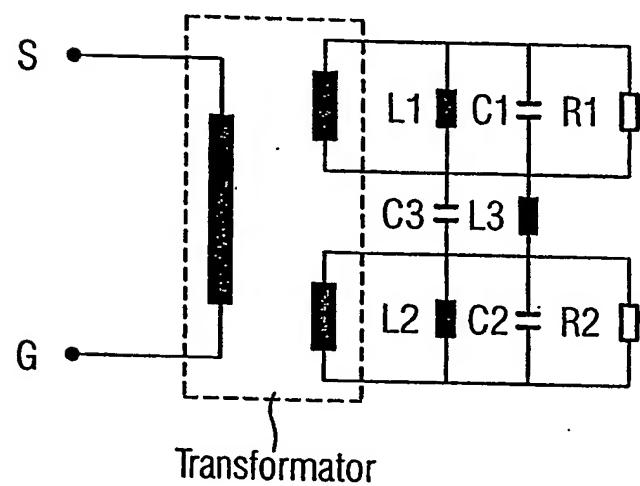
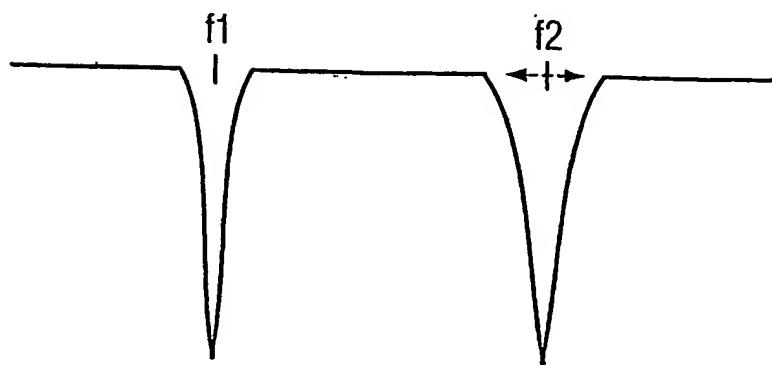


FIG 3



2/6

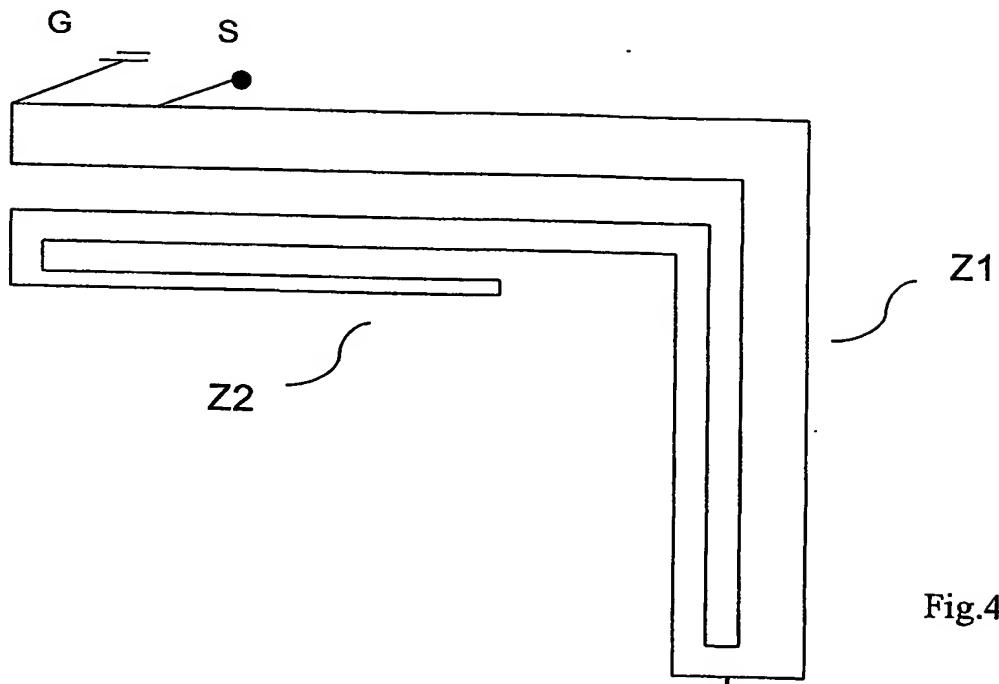


Fig.4

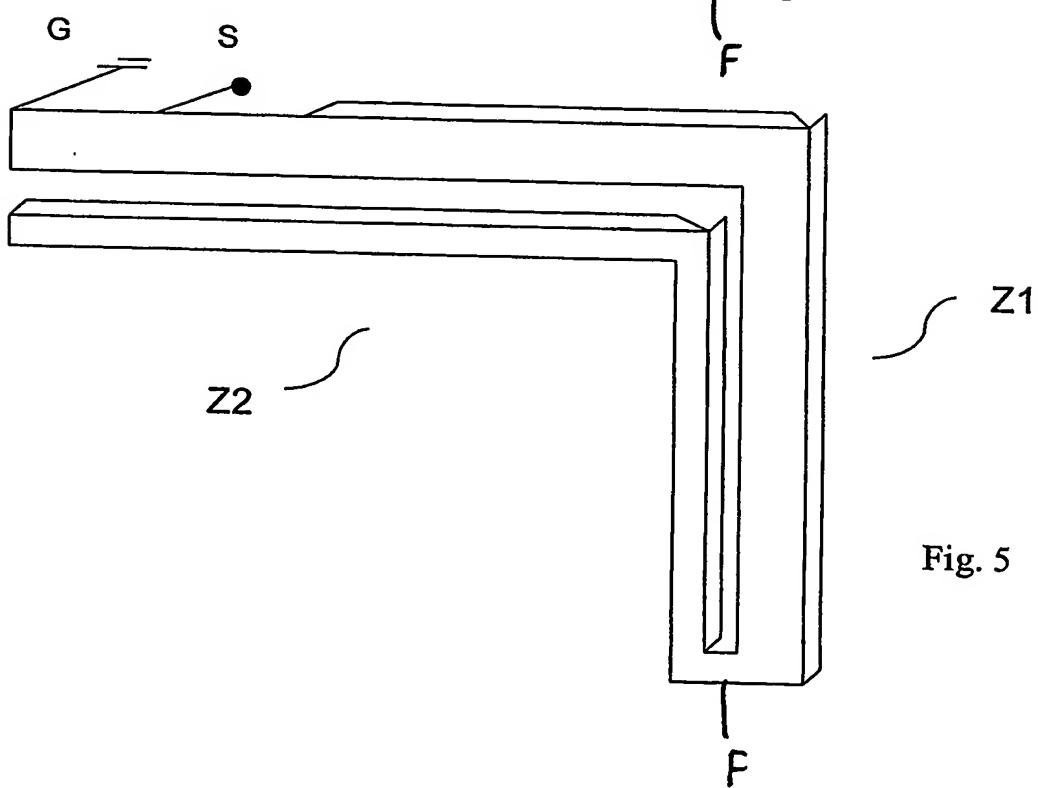


Fig. 5

3/6

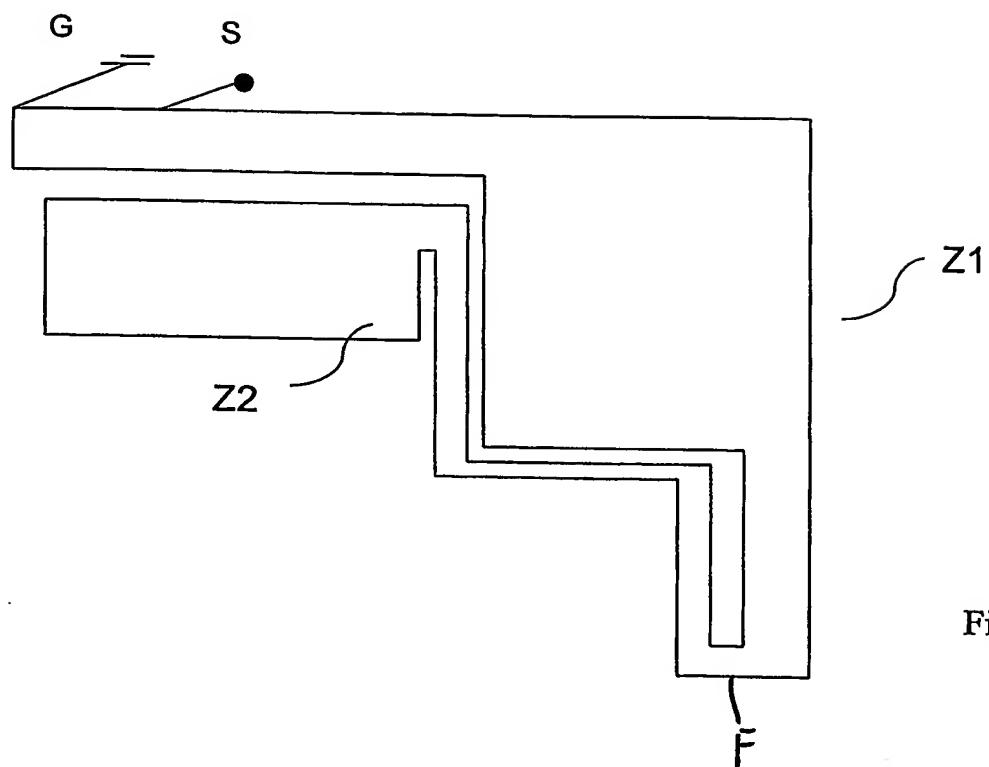


Fig. 6

FIG 7

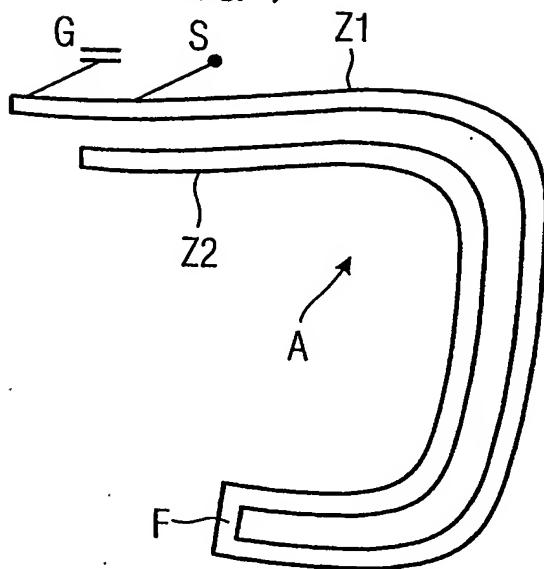


FIG 8

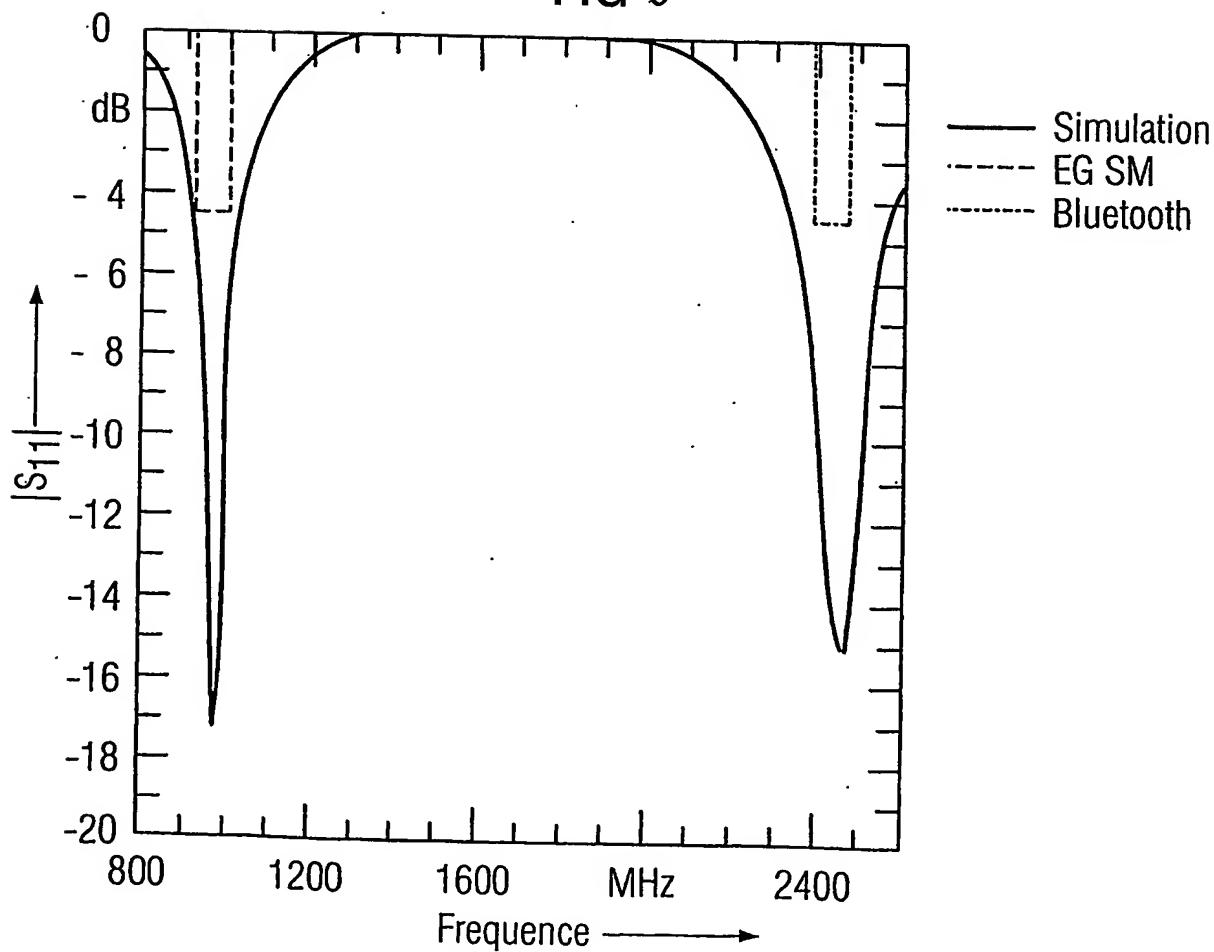


FIG 9

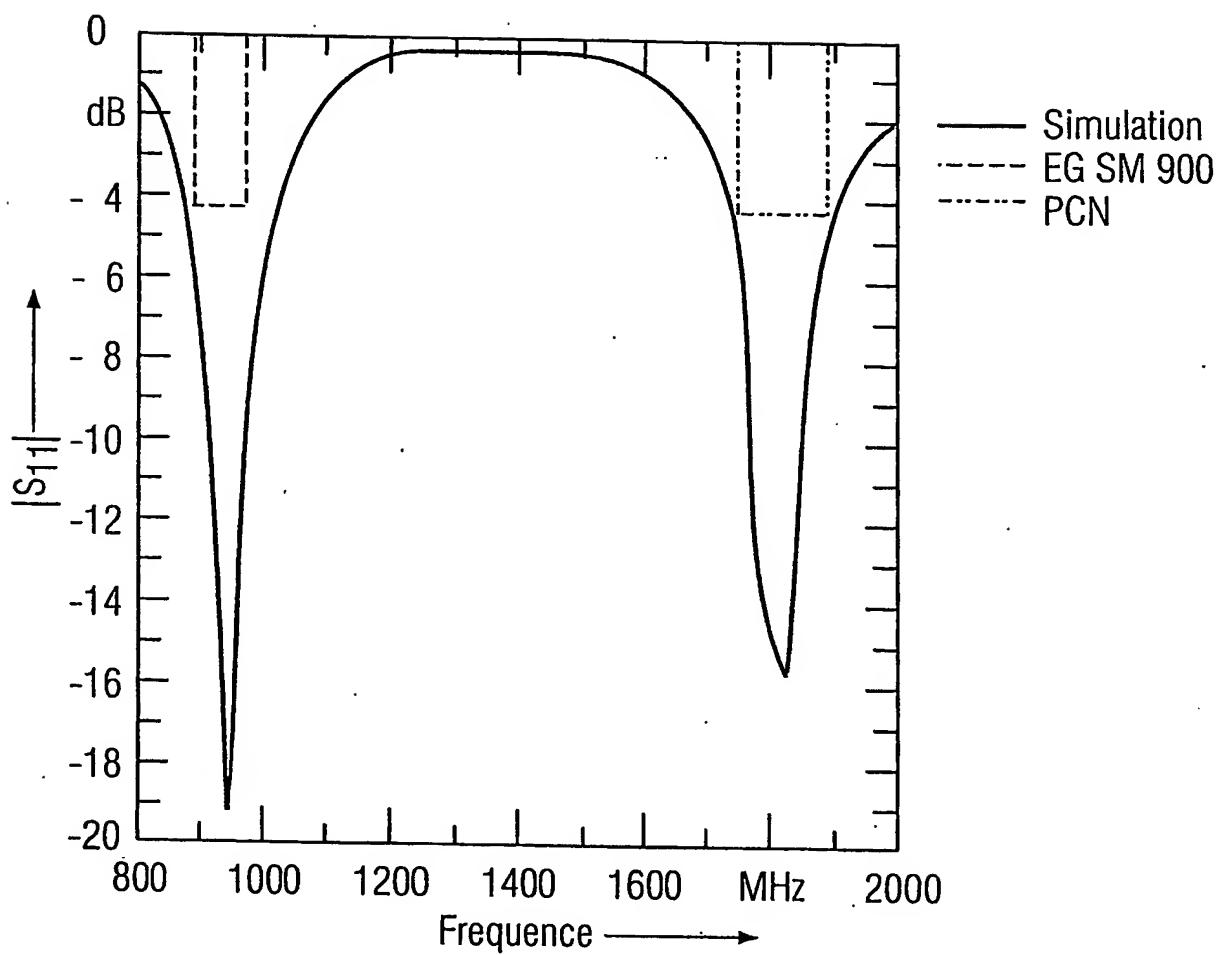


FIG 10

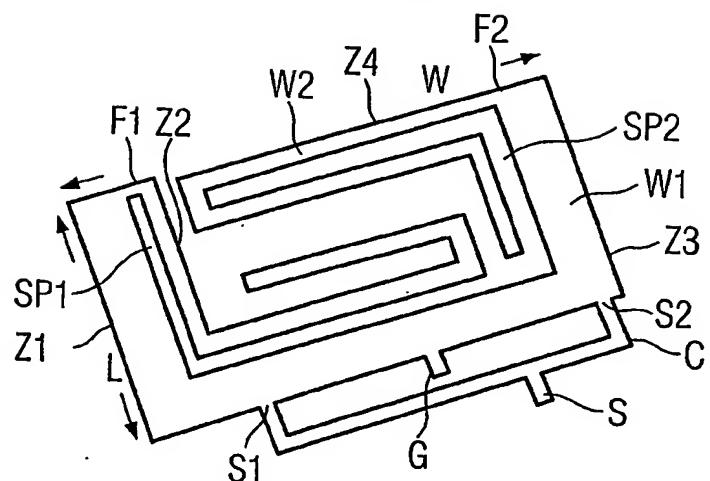


FIG 11

